

**173^e ASSEMBLÉE ANNUELLE DE L'ASSN VERBIER,
22 - 26 SEPTEMBRE 1994**

**L'ETAT DE SANTE DU LEMAN, UN DIAGNOSTIC PAR
L'EXAMEN DE LA POLLUTION PAR LES PHOSPHATES**

Guy Barroin³

INTRODUCTION

Avec un volume d'environ 89 km³ le Léman est le plus grand lac et la plus importante réserve d'eau douce d'Europe de l'Ouest. Le lac et son bassin-versant sont partagés entre la Suisse et la France. Dès les années 50, il apparut que sa pollution pouvait déboucher sur un problème environnemental majeur. Une commission internationale fut constituée pour coordonner les mesures que les deux pays allaient mettre en oeuvre pour combattre les différentes pollutions (bactériologiques, toxiques, nutritionnelles) en provenance de différentes sources (domestiques, agricoles, industrielles).

Le Léman et son bassin versant

Le Léman est composé de deux cuvettes: Le Grand-Lac à l'amont et le Petit-Lac à l'aval (fig. 1). Les principales caractéristiques physiques de chacune d'elles figurent dans le tableau 1. La moyenne du "temps de séjour hydraulique moyen" (TSHM) est de 11.3 années (sur la période 1964-1983), les valeurs extrêmes étant de 9.1 années en 1981 et de 15 ans en 1976. Le TSHM, qui sert à quantifier le caractère stagnant d'un lac, est obtenu en divisant son volume par le débit à l'exutoire. Etant donnée la grande profondeur de la cuvette lacustre, 309 m, il est plus réaliste d'exprimer son TSHM par tranche d'eau, celle du fond (200-309 m) séjournant 20 ans alors que celle de la surface (0-50m) n'y reste que 5 ans. Le lac n'est jamais totalement gelé. A la fin de chaque hiver

³ Station d'Hydrobiologie Lacustre - INRA - B.P. 511- 74203 Thonon-Les-Bains Cedex-France

le brassage n'est pas toujours complet, ce qui empêche la réoxygénation des eaux du fond. En période de stagnation estivale on estime à 20 m l'épaisseur de l'épilimnion, couche de surface chaude et relativement stable.

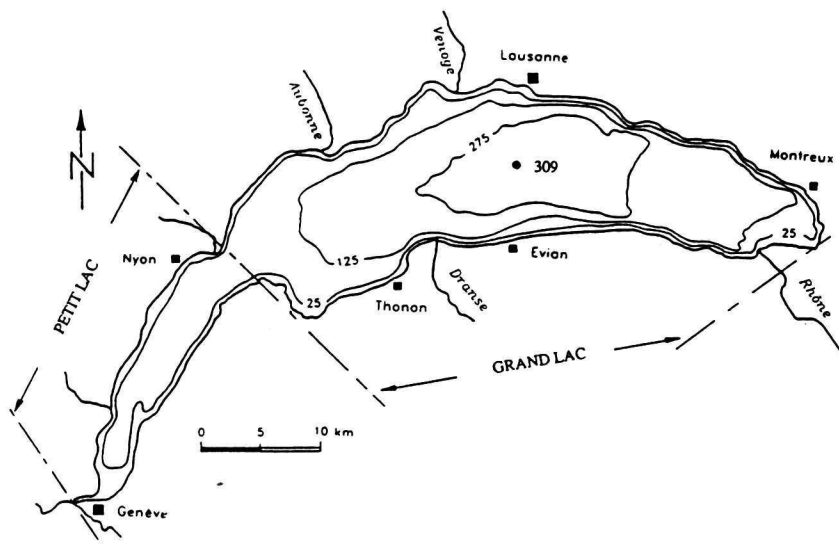


Fig. 1. Carte bathymétrique du Léman

	Léman	Grand Lac	Petit Lac
Superficie (km ²)	582.3	503.5	78.8
Superficie (%)	100.0	86.5	13.5
Volume (km ³)	88.92	85.69	3.23
Volume %	100.0	96.4	3.6
Profondeur maximum (m)	309.7	309.7	76.5
Profondeur moyenne (m)	152.7	172.4	37.8

Tableau 1. Principales caractéristiques physiques du Léman

Environ 60% de la surface du lac et 80% de celle du bassin-versant appartiennent à la Suisse (fig. 2). Avec 178 m³.s⁻¹ (moyenne sur 1935-1980) le Rhône représente 75 % des apports hydriques: c'est de loin le principal affluent. Il se jette dans le lac à son extrémité Est et en sort à l'extrémité Ouest, en y traversant la ville de Genève. Le bassin versant du Rhône amont est entièrement situé en territoire helvétique. D'une superficie de 5'220 km², dont 16 % sont couverts de glaciers, il culmine

à 4'638 mètres. Le second affluent, la Dranse, draine 535 km² pour un débit de 19 m³.s⁻¹ (moyenne sur 1964-1980) et est situé en France.

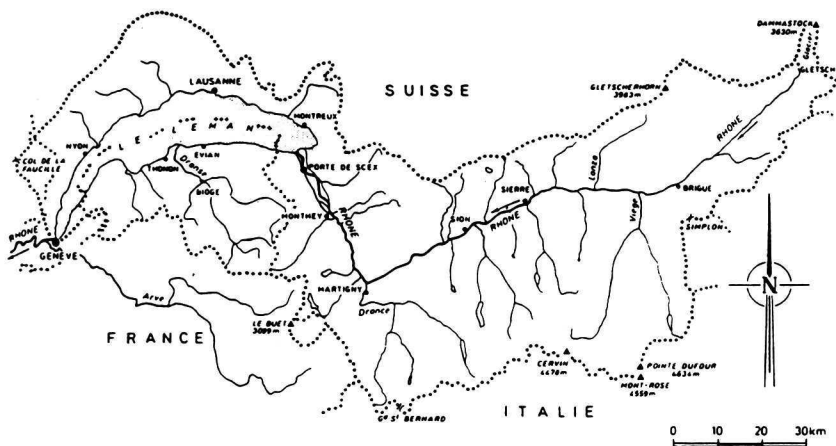


Fig. 2. Bassin versant du Léman

Les activités urbaines, industrielles et agricoles sont concentrées en plaine le long des affluents ainsi que sur les rives du lac. En montagne elles sont beaucoup moins intenses et beaucoup plus dispersées, à l'exception du tourisme qui y constitue le principal pôle de développement, aussi bien en hiver qu'en été. La population totale du bassin-versant est d'environ 2 millions d'équivalents-habitants (E.H.).

Le développement de la pollution

C'est grâce aux suivis bactériologiques des zones littorales que les hygiénistes furent les premiers à mettre en évidence une certaine dégradation de la qualité de l'eau, dès la fin des années 1940. En 1950, à la suite d'une fleur d'eau exceptionnelle, les pêcheurs attirèrent l'attention de l'Union Générale de Rhodaniens (UGR) sur les conséquences désastreuses pour l'homme et son environnement que pouvaient avoir les déversements d'effluents dans le bassin du Rhône. Le Docteur Messerli, à l'époque vice-président de l'UGR, fut chargé de mettre sur pied une commission informelle pour étudier les problèmes et coordonner les actions. Cette commission réunit des scientifiques, des ingénieurs ainsi que des médecins, leur centre d'intérêt commun étant le Léman et la qualité de ses eaux. Après avoir consacré quelques années à standardiser les méthodes et à planifier les campagnes de prélève-

ments, la commission entreprit son premier suivi systématique et coordonné en 1957. En 1960, les autorités suisses et françaises décidèrent d'officialiser l'existence de cette commission sous le nom de Commission Internationale pour la Protection des Eaux du lac Léman et du Rhône contre la Pollution (CIPEL). Une convention franco-suisse entra en vigueur en novembre 1963. Cette même année fut publié le premier rapport concernant l'état sanitaire du lac. Il révélait, entre autres, quatre symptômes inquiétants qui témoignaient de la dégradation de la qualité de ses eaux:

- Une diminution de la transparence: au début du siècle elle ne présentait qu'un minimum estival correspondant à un maximum de la croissance algale; plus tard apparurent deux pics phytoplanctoniques séparés par une phase des eaux claires, témoignant d'un enrichissement considérable de l'eau.
- Une désoxygénation accentuée des couches profondes due à une accumulation excessive de matières organiques (la situation empire quand la circulation hivernale ne va pas jusqu'au fond du lac).
- Une augmentation des concentrations en phosphore dans l'ensemble de la masse d'eau et particulièrement au fond en période de désoxygénation.
- Une augmentation du nombre de bactéries pathogènes, tout particulièrement en zone littorale.
- Au fil des ans, la situation se dégradait. En 1967 le Léman fut envahi pour la première fois par *Oscillatoria rubescens*, la tristement célèbre algue du "Sang des Bourguignons". Quelques années plus tard, on releva des concentrations inquiétantes de mercure dans les sédiments et dans les poissons. L'assainissement du lac et surtout de son bassin-versant devenait urgent.

Le traitement de la pollution

Les premiers paramètres concernés par cette gigantesque opération de dépollution furent la matière organique et les bactéries pathogènes déversées par les effluents domestiques. Un programme de construction de stations d'épuration (STEP) fut mis sur pied, particulièrement intensif entre 1972 et 1978. Le nombre de STEP passa de 22 en 1968 à 110 en 1979. En janvier 1981, environ les 2/3 de la population étaient raccordés à une STEP ce qui représentait 1'124'000 E.H.. A la fin de 1991, leur nombre était de 154 pour 1'270'000 E.H. officiellement raccordés et une capacité totale de 1'920'000 E.H..

Des études menées sur le Rhône montrent que pendant la période 1970-1972 entre 10 et 15 kg de mercure étaient déversés quotidiennement dans l'écosystème lacustre. L'opinion publique s'en émut au plus haut point, émotion exacerbée par le souvenir de l'affaire de Minamata (Japon) et par l'intervention des médias. Des mesures furent rapidement prises contre cette pollution métallique si bien qu'en 1978 la pollution mercurielle était redescendue à 1.3 kg par jour. Une nouvelle série d'études montra que de 1986 à 1989 les déversements annuels avaient été respectivement de 109, 285, 64 et 110 kg, donc sans commune mesure avec ceux de 1970-1972. Les affluents et les effluents firent également l'objet d'un suivi pour d'autres métaux lourds (Cr, Pb, Cd, Cu, Zn, Sn, As et Se) ainsi que pour certains micropolluants organiques. Depuis 1980 la contamination des sédiments a décliné. Actuellement les concentrations en PCB et en métaux lourds dans les poissons sont très basses et bien en dessous des normes de consommation.

En fait, la principale cause de pollution du Léman est le phosphore, les quantités déversées par les diverses activités humaines ayant considérablement augmenté depuis la fin des années 50. En l'espace de 15 ans, la concentration en phosphore de l'eau du lac a été multipliée par un facteur de presque 10, passant de moins de 10 microgrammes par litre ($\mu\text{g. l}^{-1}$) en 1960 à $90 \mu\text{g. l}^{-1}$ en 1975 (phosphore total) (fig.3).

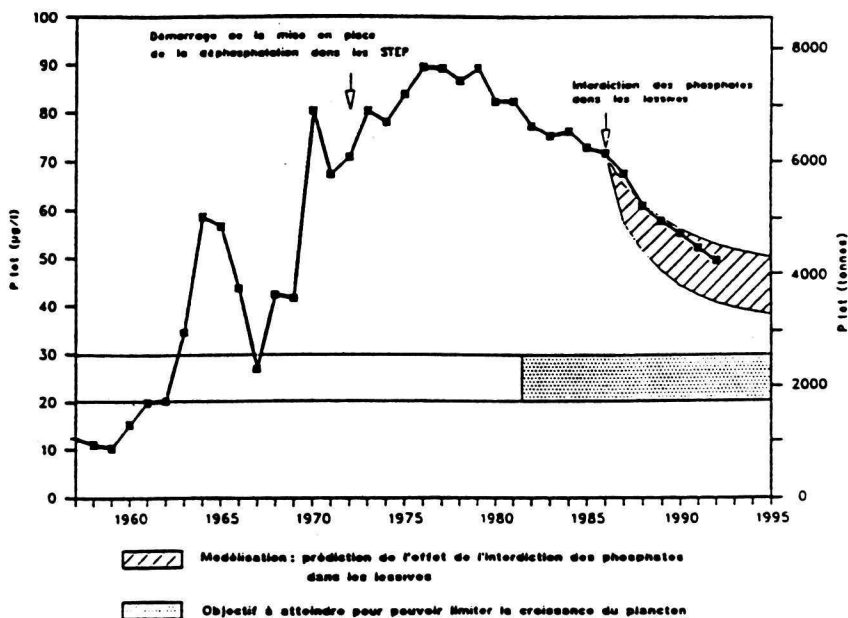


Fig. 3. Evolution de la concentration moyenne pondérée et du stock de phosphore total contenu dans le Grand Lac

La pollution des eaux par les phosphates avait entraîné des proliférations incontrôlées et excessives de phytoplancton. De tels développements de la biomasse algale étant responsables des faibles valeurs de la transparence ainsi que des importants déficits en oxygène dans les eaux profondes, du fait de la décomposition et de la sédimentation de la matière végétale morte. De plus la biocénose s'était considérablement dégradée et, du fait de la désoxygénation de l'interface eau-sédiments, des quantités croissantes de phosphore y étaient relarguées. De gros efforts furent alors fournis pour réduire cette charge externe en phosphore et comme celle-ci provenait de plusieurs sources, domestiques, industrielles et agricoles, il a fallu mettre sur pied une stratégie d'intervention globale.

Dès 1962, la CIPEL avait attiré l'attention des autorités sur l'influence néfaste que pouvait avoir l'utilisation de détergents phosphatés sur le comportement du lac. En 1964 elle suggéra de bannir de tels produits du marché. Plus tard, en 1966, elle recommanda à la Suisse et à la France de surveiller de près l'utilisation excessive, et les pertes, de phosphore dans l'industrie et en agriculture. Cette même année les deux états furent mis en demeure d'équiper d'une étape de déphosphatation les STEP existantes et celles à venir de sorte qu'elles rejettent des effluents titrant moins de 1 mg.l^{-1} de phosphore. La déphosphatation commença donc au début des années 70. En 1979, 45 des 110 STEP étaient concernées et en 1991, 110 des 154. La CIPEL imposa une nouvelle norme calquée sur la législation suisse: 0.8 mg.l^{-1} de phosphore en sortie de STEP et une déphosphatation à 80%. En 1991, 80% de la population collectée était épurée conformément à cette norme.

Par ailleurs, la législation suisse avait imposé que la concentration en phosphore des lessives soit réduite de 30% entre 1981 et 1983. En juillet 1985 le Conseil Fédéral émit une ordonnance interdisant la présence de phosphore dans les produits pour laver le linge et limitant sa concentration à 8% dans les produits pour lave-vaisselle. De plus, l'EDTA, très difficilement biodégradable, était interdit comme substitut aux phosphates alors que le NTA parfaitement biodégradable, voyait sa concentration limitée à 5%. Producteurs et importateurs furent priés d'adapter leurs produits avant la date butoir du 1er juillet 1986. L'influence de cette mesure fut particulièrement visible sur la concentration en phosphore des effluents bruts: contrôlées à l'entrée des 4 plus importantes STEP de la côte suisse, les valeurs manifestèrent une chute d'environ 50% entre 1985 et 1987 (fig. 4).

A la même époque, aucune évolution équivalente ne se produisit du côté français où aucune mesure similaire n'avait été prise pour des raisons de politique industrielle menée au niveau national. La quantité

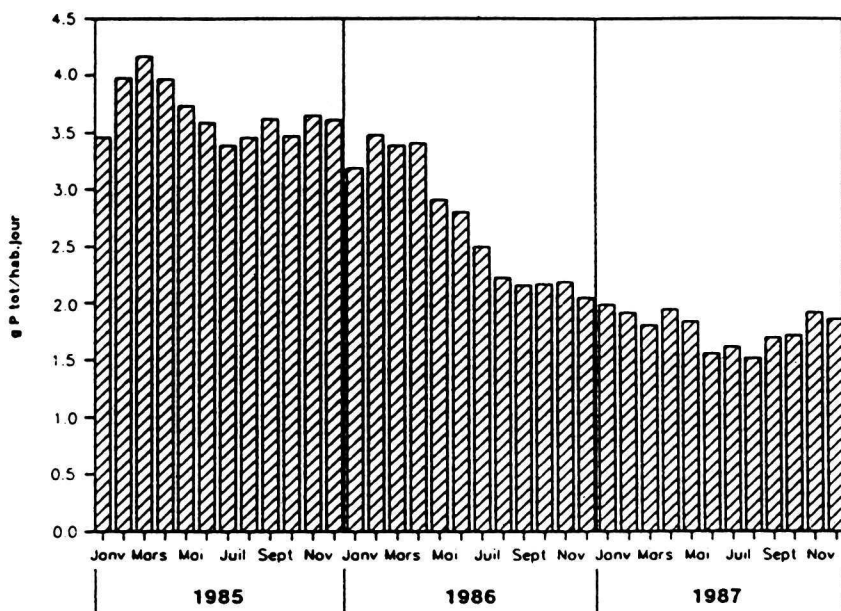


Fig. 4. Charge en phosphore total à l'entrée des stations d'épuration. Exprimée en grammes de phosphore par habitant raccordé et par jour. Moyenne de quatre stations suisses (Lausanne, Montreux, Morges et Vevey).

totale de phosphore déchargé par le réseau d'assainissement pris dans son entier, c'est-à-dire en incluant la France, chuta de 356 tonnes en 1985 à 210 tonnes en 1987 du seul fait de l'interdiction des phosphates lessiviels en territoire suisse. En France, une convention passée avec les industriels de la détergence, le 28.05.1990, engageait ceux-ci à réduire la concentration des nouveaux produits à 25% le 01.01.91 puis à 20% le 01.03.91, teneur qui, il faut le signaler, correspondait en moyenne à celle des produits de l'époque. Par ailleurs, les concentrations en EDTA et en NTA étaient soumises à la règle de l'"autolimitation", c'est-à-dire au libre choix des industriels. Etablie au niveau national, cette convention engageait également les industriels à mettre sur le marché au moins un produit de leur gamme ne contenant pas de phosphore.

Il est évident qu'après avoir réduit les apports en phosphore d'origine domestique, l'agriculture finissait par représenter une part non négligeable de la charge total: 16% du bassin-versant sont utilisés à des fins agricoles ce qui correspond à 1/5 de la pollution dispersée, c'est-à-dire environ 7% (et 12%) du phosphore immédiatement (et potentiellement) disponible déversé dans le lac.

La situation actuelle

Il est indiscutable que la situation s'est considérablement améliorée par rapport aux 20 années précédentes. La pollution métallique est très basse et en aucun cas elle ne compromet la consommation du poisson.

Pour un environnement "naturel" les concentrations en PCB sont effectivement un peu fortes mais elles sont bien en-dessous des normes de consommation. En raison de son excellente dégradabilité et de sa limitation à 5%, le NTA a diminué de $0.76 \mu\text{g.l}^{-1}$ en août 1984, avant l'ordonnance du Conseil Fédéral à $0,52 \mu\text{g.l}^{-1}$ en octobre 1989, après l'ordonnance. Un réel sujet de préoccupation reste la persistance dans l'eau du lac de deux herbicides, l'atrazine et la simazine, en dépit de leur dégradabilité.

En ce qui concerne la pollution par les phosphates, 20 ans d'effort continus ont commencé à donner des résultats. Depuis 1979, la situation s'est améliorée lentement mais sûrement. Grâce à la déphosphatation 700 tonnes de phosphore ont été retirées annuellement de 1987 à 1985. L'interdiction des phosphates en Suisse a accéléré l'évolution en affectant surtout les effluents qui ne sont pas collectés ainsi que ceux qui ne sont pas déphosphatés notamment pour cause de surcharge hydraulique des STEP. Depuis 1979 la réserve de phosphore a diminué de 42% la concentration moyenne annuelle ayant été en 1991 de $52.3 \mu\text{g.l}^{-1}$ en phosphore total et $45.3 \mu\text{g.l}^{-1}$ en phosphore orthophosphorique. A la suite de quoi l'abondance des cyanobactéries a chuté de façon spectaculaire, surtout en ce qui concerne *O. rubescens* qui n'apparaît plus que de façon sporadique.

Les concentrations encore élevées de phosphore, en combinaison avec des conditions climatiques plutôt clémentes contribuent à ce que la productivité phytoplanctonique soit encore élevée. Cependant la biomasse algale continue à décroître régulièrement en raison de l'intensité du broutage d'un abondant zooplancton. Par ailleurs, la succession d'hivers doux qui empêchent le brassage hivernal d'être complet est à l'origine d'une baisse continue de la concentration en oxygène de l'hypolimnion. Une valeur record de 1.04 mg.l^{-1} d'oxygène dissous y a été enregistrée en octobre 1991. Ce fut la plus faible valeur des 10 dernières années et elle provoqua un relarguage relativement modéré de phosphore à partir des sédiments puisque la concentration dans l'eau immédiatement sus-jacente atteignit $154 \mu\text{g.l}^{-1}$ en phosphore total pour $144 \mu\text{g.l}^{-1}$ en phosphore orthophosphorique.

Conclusions, perspectives

A l'avenir et grâce à la poursuite des efforts menés dans de nombreuses directions, la qualité de l'eau du lac devrait continuer à s'amé-

liorer. Alors que la pollution toxique a été arrêtée assez rapidement, celle due aux phosphates est beaucoup plus difficile à maîtriser en raison de la multiplicité de ses sources sans compter l'effet perturbateur de la météorologie qui modifie la réponse biologique. Sur la base de considérations liées à l'état des populations phytoplanctoniques il a été estimé que l'état du lac serait convenable pour des concentrations moyennes annuelles en phosphore total inférieures à $30 \mu\text{g.l}^{-1}$ (fig. 3) Par ailleurs une évaluation de l'origine des apports datant de 1987 montrait que le phosphore immédiatement biodisponible provenait pour 36 % des sources autres que les STEP, 31 % du réseau d'assainissement (STEP et déversoirs d'orage), 27% de sources non identifiées, 6 % des précipitations atmosphériques.

Aussi pour atteindre l'objectif des $30 \mu\text{g.l}^{-1}$ de phosphore total, de nouveaux efforts doivent être fournis dans quatre directions principales:

- supprimer les phosphates dans toutes les substances lessiviels, quelles qu'elles soient
- améliorer les performances de l'assainissement, en généralisant le système séparatif, en éliminant toutes les eaux claires, en traitant les déversoirs d'orage, en complétant la déphosphatation
- identifier et traiter toutes les sources non identifiées industrielles et autres
- améliorer la pratique agricoles, en appliquant une fumure rationnelle, en évitant l'érosion des sols fertiles, en stockant et en gérant convenablement les fumiers et les lisiers.

Après avoir vécu une période particulièrement critique entre 1970 et 1980 le Léman va mieux: sa température est descendue de 42°C à 39°C mais il faut poursuivre le traitement jusqu'à ce qu'il revienne à 37.2°C .

Références

Les informations publiées dans ce document proviennent de la Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman (CIPEL) 23, Avenue de Chailly, C.P. 80, CH-1000 Lausanne 12 (Suisse)

